

# DESAIN DAN MANUFAKTUR MEKANISME PELUBANG TANAH MENGUNAKAN SISTEM TUGAL PADA *TILLING MACHINE* UNTUK PEMUPUKAN KELAPA SAWIT

Gustiawan<sup>1</sup>, Dodi Sofyan Arief<sup>2</sup>, Muftil Badri<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>3</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

gustiawanichal@yahoo.com

## Abstract

Generally, the agriculturist applying the fertilization method by spread fertilize around the plants. This procedure is efficient enough but its effectiveness is poor. Fertilizer application by immersing in palm disc area will increase the efficient and effective uptake of NPK by plants, furthermore increase plants productivity, save the quantity of fertilize application, and decrease environmental pollution. The purpose of this research is to design and create tugal in masking fertilize palm that capable of rapidly perforation. The method of this research is used to get information about the fertilization technique. After finding the information process, measurement tools that already exist is done, it's used plow or tilling machine, the tool redrawn and tugal revelation which be install on tools. After the drawing had done, do the print out of drawing, furthermore do the manufacturing process. According to the calculated, we get tugal's diameter design was 7,62 cm, length 20 cm, whereas tugal's position within 44,48 cm from central wheel, the maximum safety factor was 15, whereas displacement maximum 0,02054 mm and displacement minimum 0 mm, the result shows that tugal's system is save to used. Time fertilization system manual unknown 3 hours, 30 minutes per hectar, whereas fertilization with tugal's system was shorter time, that is 1 hours 28 minutes.

**Keywords:** land punch, tugal, fertilization mechanism.

## 1. Pendahuluan

Pemupukan pada dasarnya bertujuan untuk menyediakan kebutuhan hara bagi tanaman kelapa sawit sehingga tanaman tersebut dapat tumbuh dengan baik dan mampu memproduksi buah dengan maksimal dan menghasilkan minyak yang berkualitas. Untuk meningkatkan produksi kelapa sawit, maka dalam melaksanakan pemupukan harus mengacu pada 5T yaitu, tepat dosis, tepat waktu, tepat jenis, tepat cara, dan tepat kualitas [1].

Jika mengacu pada konsep pemupukan (5T) yaitu: tepat dosis, tepat waktu, tepat jenis, tepat cara, dan tepat kualitas petani belum melakukan konsep tersebut dengan baik [2].

Pemupukan dengan cara menyebarkan pupuk di sekitar piringan dinilai cukup efisien akan tetapi efektifitasnya relatif rendah karena pupuk yang tersebar rentan akan mengalami penguapan, *leaching* oleh hujan, dan terserap gulma. Aplikasi pupuk dengan cara membenamkannya di daerah perakaran akan meningkatkan efisiensi dan efektifitas penyerapan unsur pupuk oleh tanaman dan selanjutnya meningkatkan produktifitas tanaman, menghemat kuantitas aplikasi pupuk, dan mengurangi pencemaran lingkungan.

Salah satu cara pemupukan dalam rangka meningkatkan produktivitas tanaman kelapa sawit serta untuk

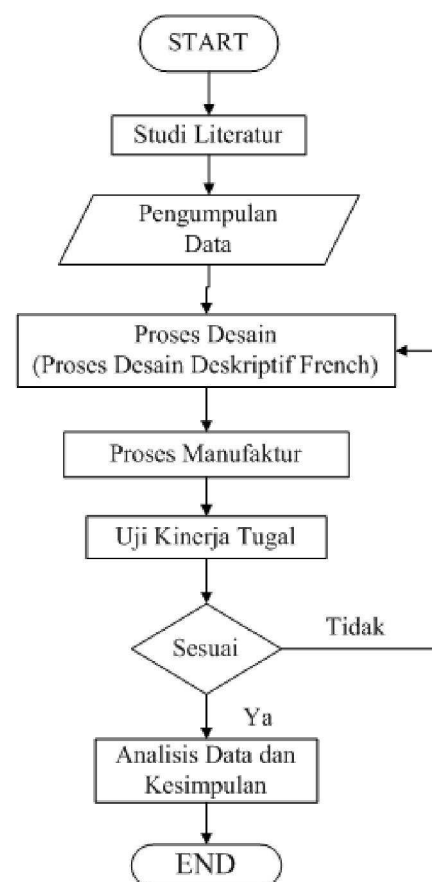
meningkatkan keefektifan pemupukan telah dilakukan oleh beberapa peneliti, yaitu dengan cara pemupukan mekanis (*fertilizer spreader*), namun cara ini dinilai masih kurang efektif karena pupuk yang digunakan berbentuk cairan dan cara kerjanya dengan menyemprotkan atau mengabutkan pupuk untuk disebar ke lahan perkebunan kelapa sawit, sehingga akan menyebabkan polusi udara dan merusak struktur daun [1].

Pemupukan sistem benam dinilai lebih efektif yang mana prinsip kerjanya dengan melubangi tanah yang selanjutnya lubang tersebut menjadi tempat peletakkan pupuk sesuai dengan dosis yang ditentukan. Pemupukan sistem benam biasanya dilengkapi dengan mekanisme pelubang tanah yang berfungsi untuk membuat tempat peletakkan pupuk. Mekanisme ini biasanya terletak dibagian roda alat [3], Mekanisme seperti ini bisa digunakan untuk pemupukan yang berkelanjutan (*continue*) dan memiliki jarak antar tanaman yang relatif dekat seperti pemupukan pada padi, kebun kedelai, dan jagung, tetapi mekanisme tersebut akan sangat sulit diterapkan untuk lahan yang terdapat kayu-kayuan, tanah yang keras, atau memiliki jarak antar tanaman yang jauh karena akan menyulitkan proses pemupukan.

Penelitian ini bermaksud untuk mendesain dan merekayasa sistem pemupuk menggunakan sistem benam (*Pocket*) yang digerakkan oleh tenaga mesin sehingga mampu memberikan kontribusi yang besar dibidang pertanian kelapa sawit, sistem yang didesain yaitu mekanisme tugal yang dapat menghasilkan lubang pada waktu yang singkat sesuai dengan teori pemupukan yang baik. Mekanisme tersebut selanjutnya dikombinasikan dengan *hopper* yang didalamnya terdapat katup pengatur dosis keluaran pupuk yang sesuai dengan kebutuhan agar pemupukan menjadi lebih efektif.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian menggunakan metode studi kasus. Metode digunakan untuk mendapatkan informasi tentang teknik pemupukan dan kapasitas pemupukan pada kelapa sawit. Setelah itu dilakukan proses pengukuran bagian-bagian alat *tilling machine* atau traktor yang selanjutnya alat tersebut digambar ulang. Langkah selanjutnya mendesain tugal yang akan dipasangkan pada alat tersebut. Setelah gambar selesai maka dilakukan *print out* gambar kerja dan selanjutnya dilakukan proses pembuatan dan pengujian. Tahapan kegiatan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahap Kegiatan Penelitian

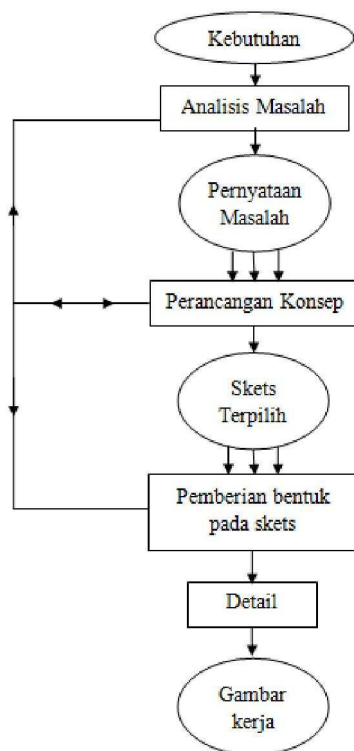
### 2.1 Teknik Pengumpulan Data Desain

Data ukuran *tilling machine* dan bagian-bagian lain didapat secara lengkap dari proses pengukuran. Setelah gambar diselesaikan, dilanjutkan dengan desain penugal. Informasi yang dibutuhkan yaitu dosis dan kedalaman pemupukan. Informasi ini diperoleh dari referensi

Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Riau. Setelah informasi diperoleh lalu dilakukan proses desain dan manufaktur.

## 2.2 Proses Desain

Proses desain merupakan tahapan-tahapan dalam melakukan desain agar mendapatkan produk yang sesuai keinginan dan kegunaannya. Proses desain dilakukan berdasarkan perancangan deskriptif french, proses ini terdapat lima langkah utama, yaitu dengan menjabarkan kebutuhan, analisis masalah, pernyataan masalah, perancangan konsep, serta yang terakhir menentukan sketsa terpilih.



Gambar 2. Diagram Alir Cara Merancang French

### 2.2.1. Kebutuhan

Dibutuhkan sebuah mekanisme pelubang tanah yang memiliki dampak paling sedikit terhadap kerusakan jaringan akar akibat aktifitas pelubangan tanah.

### 2.2.2. Analisis Masalah

Pada umumnya petani melakukan pemupukan dengan cara disebar di

sekitar piringan. Pemupukancara tersebut kurang efektif dikarenakan unsur pupuk yang diberikan tidak sepenuhnya terserap oleh tanah. Aplikasi pupuk dengan cara membenamkannya di daerah perakaran akan meningkatkan efisiensi dan efektifitas penyerapan unsur pupuk oleh tanaman.


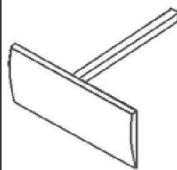

### 2.2.3. Pernyataan masalah

Berikut ini adalah pernyataan masalah pada desain mekanisme pelubang tanah.

1. Bagaimana mekanisme pelubang tanah yang akan didesain?
2. Apakah mekanisme pelubang tanah mudah dioperasikan dan cepat dalam melakukan pelubangan?
3. Bagaimana bentuk mekanisme pelubang tanah yang didesain?

### 2.2.4. Perancangan konsep

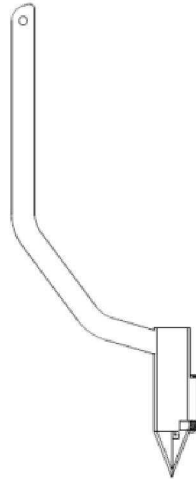
Tabel 2.1 Kelebihan dan Kekurangan Mekanisme Pelubang Tanah

No	Sistem	Kelebihan	Kekurangan
1		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cepat dalam melakukan pelubangan.</li> <li>- Bisa melakukan pelubangan disemua tanah terkecuali tanah lempung dan gambut.</li> <li>- Bisa membuat lubang yang dalam.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gerakan memutar dan menekan <i>screw</i> mengakibatkan terpotongnya jaringan akar lebih banyak.</li> <li>- Aplikasi ditanah lempung / gambut menyebabkan lengketnya tanah ke mekanisme tersebut.</li> </ul>
2		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bisa melakukan pelubangan dengan cepat.</li> <li>- Pelubangan bisa dilakukan memanjang sesuai keinginan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gerakan memotong tanah mengakibatkan semua yang ada di dalam tanah juga ikut terpotong termasuk akar-akar.</li> <li>- Mekanisme ini juga tidak bisa digunakan di lahan yang basah karena lengket.</li> <li>- Kedalaman terbatas.</li> </ul>
3		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pelubangan bisa dilakukan dengan cepat dan praktis hanya dengan menghentakan mekanisme ke tanah.</li> <li>- Gerakan menancap hanya mengakibatkan kerusakan jaringan akar yang kecil.</li> <li>- Cocok digunakan di lahan gambut.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sulit bahkan tidak bisa digunakan di tanah yang keras.</li> <li>- Kedalaman pelubangan terbatas tergantung dari tenaga menghentakan mekanisme ke tanah.</li> </ul>

### 2.2.5. Sketsa terpilih

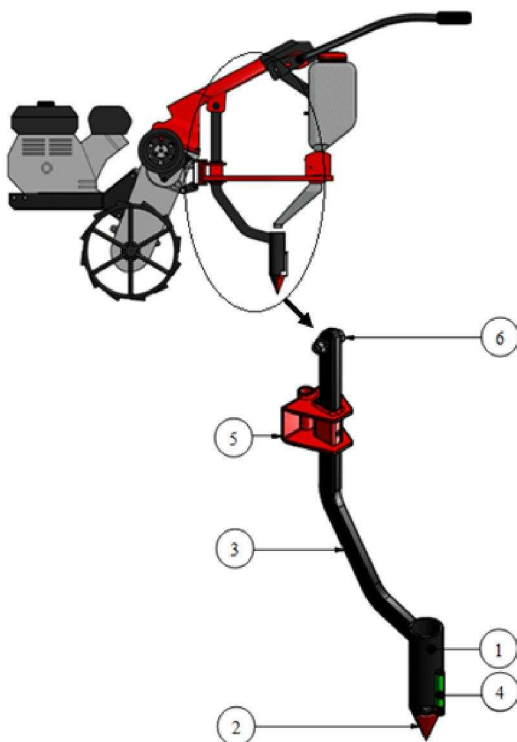
Penentuan dimensi tugal mengacu pada bentuk dan dimensi dari *tilling machine* yang digunakan. Berdasarkan penentuan posisi yang telah direncanakan bahwa posisi tugal didesain dibagian

belakang. Bentuk batang penekan tugal juga dipertimbangkan karena mengingat diatas tugal tersebut akan diletakan sebuah corong yang berhubungan langsung denga pengatur dosis dan *hopper*.



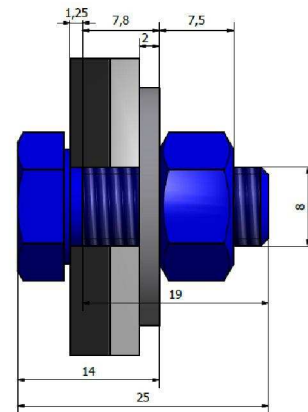
Gambar 3. Sketsa Tugal

#### 2.2.6. Detail



Gambar 4. Detail Tugal, (1) Badan tugal, (2) Katup, (3) Batang Penekan Tugal, (4) Pegas Tekan, (5) Cincin Batang Penekan Tugal, (6) Baut.

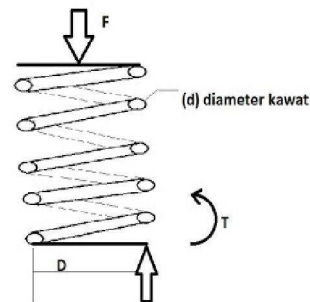
#### 2.2.7. Perhitungan Baut



$$k_b = \frac{A_d A_t E}{A_d l_t + A_t l_d}$$

$$= \frac{50,24 \text{ mm}^2 \times 36,6 \text{ mm}^2 \times 30}{(50,24 \times 11) + (36,6 \times 3)} = 83,27 \text{ lbf / mm}$$

#### 2.2.8. Perhitungan Pegas Tekan



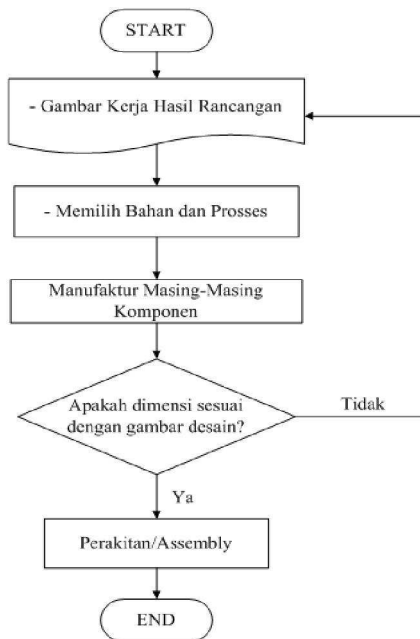
$$\tau_{max} = \frac{8 K_w F D}{\pi d^3}$$

$$\tau_{max} = \frac{8 \times 1,29 \times 7,85 \text{ N} \times 8,5 \text{ mm}}{\pi (1,5 \text{ mm})^3}$$

$$\tau_{max} = 64,97 \text{ N / mm}^2$$

#### 2.3. Proses Manufaktur

Proses manufaktur tugal menggunakan metode *hand lay-up technique*, metode ini adalah metode yang paling sederhana karena perlengkapan yang digunakan sedikit dan tidak rumit. Untuk proses manufaktur bisa dilihat pada Gambar 4. Berikut.

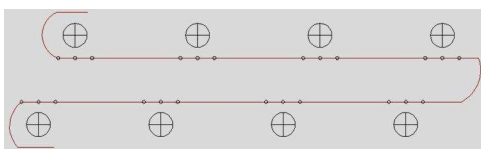


Gambar 5. Tahapan Kegiatan Manufaktur

#### 2.4. Proses Pengujian Kinerja Tugal

Pengujian kinerja tugal bertujuan untuk mengetahui performa dari tugal yang didesain dan dibuat, pada pengujian ini penulis bisa mengetahui apakah tugal berfungsi dengan baik sesuai dengan desain.

Pengujian yang paling penting adalah pengujian lama waktu pelubangan. Pada prinsip pemupukan yang benar, lubang yang dibuat berjumlah 6 pada setiap pohonnya. Pada proses pengujian, pelubangan dilakukan secara bertahap yaitu dengan melakukan 3 pelubangan di salah satu sisi pohon secara garis lurus. Seperti gambar 5.



Gambar 6. Jalur pengujian alat

Keterangan gambar :

- ⊕ = Pohon sawit
- = Jalur lintasan alat pemupuk

Proses pengujian berupa penghitungan waktu pelubangan serta perpindahan alat dari lubang satu ke

lubang yang lain ataupun dari pohon satu ke pohon yang lain.

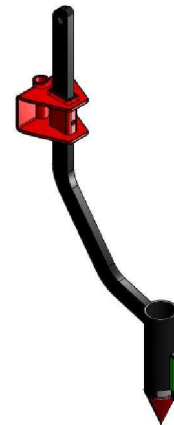


Gambar 7. Tugal melakukan pelubangan

### 3. Hasil

#### 3.1. Gambar Sitem Tugal

Sistem tugal yang terpilih sketsanya kemudian digambar dengan menggunakan software Autodesk Inventor 2012. Berikut ini merupakan gambar sistem tugal yang didesain.



Gambar 8. Desain Tugal

#### 3.2. Menentukan Diameter Penugal

Diameter penugal disesuaikan dengan dosis pupuk yang akan diaplikasikan tiap lubangnya. pupuk yang dipakai sebagai acuan adalah dosis pupuk jenis Urea pada kelapa sawit berumur 9-13 tahun, yaitu sebanyak 2,50 Kg.

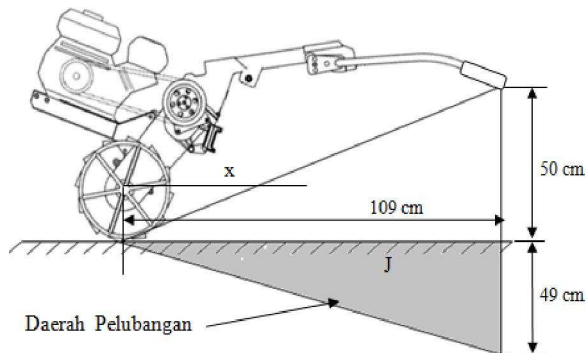
$$Vl = 0,325 \text{ l}$$

$$Vl = 0,000534 \text{ m}^3$$



$$\begin{aligned}\frac{\pi}{4} D^2 h &= 0,000534 \text{ m}^3 \\ \frac{\pi}{4} D^2 0,1 \text{ m} &= 0,000534 \text{ m}^3 \\ D^2 &= \frac{0,000534 \text{ m}^3}{0,0785 \text{ m}} \\ D &= \sqrt{\frac{0,000325 \text{ m}^3}{0,0785 \text{ m}}} \\ D &= 0,08 \text{ m}\end{aligned}$$

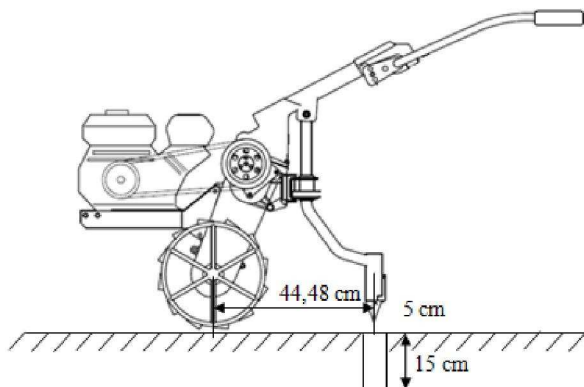
### 3.3. Menentukan Posisi Penugal



$J = 20 \text{ cm}$  (kedalaman tugal menancap + jarak tugal free ketanah)

$x$  = Jarak posisi tugal dari pusat roda

$$\begin{aligned}\frac{109}{99 - 50} &= \frac{x}{j} \\ \frac{109}{49} &= \frac{x}{20} \\ x &= \frac{109 \times 20}{49} \\ x &= 44,48 \text{ cm}\end{aligned}$$



### 3.4. Gaya yang Dibutuhkan untuk Pelubangan

Tanah gambut merupakan tanah yang memiliki daya menahan beban (*bearing capacity*) yang rendah. Rata-rata tanah gambut hanya memerlukan tekanan sebesar 5-7 kPa untuk membuat lubang diatasnya [4]. Maka gaya yang dibutuhkan untuk membuat lubang adalah

$$P = \frac{F}{A}$$

$$F = P \times A$$

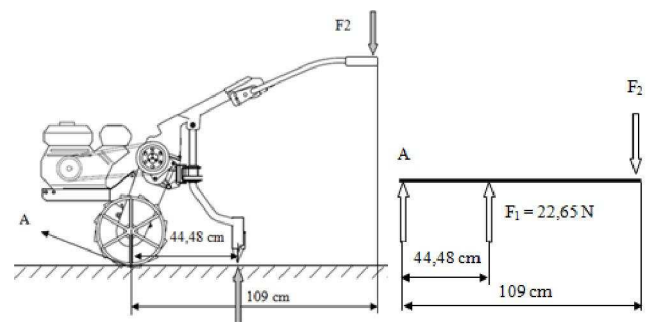
$$F = 7000 \text{ N/m}^2 \times \pi r^2$$

$$F = 7000 \text{ N/m}^2 \times \pi (0,0321 \text{ m})^2$$

$$F = 7000 \text{ N/m}^2 \times 0,003235 \text{ m}^2$$

$$F = 22,65 \text{ N}$$

Gaya sebesar 22,65 N adalah gaya tepat diujung stang kendali, pada kasus ini tugal berada pada jarak 44,48 cm dari tumpuan, untuk itu gaya yang dibutuhkan akan semakin kecil karna didalamnya bisa diaplikasikan perbandingan segitiga.



$$\sum M_A = 0$$

$$-F_1(44,48 \text{ cm}) + F_2(109 \text{ cm}) = 0$$

$$F_2 = \frac{22,65 \text{ N} \times 44,48 \text{ cm}}{109 \text{ cm}}$$

$$F = 9,24 \text{ N}$$

### 3.5. Pengujian Faktor Keamanan dan Displacement

Simulasi bertujuan untuk mengetahui kekuatan dan membantu mengurangi kesalahan dalam membuat desain. Analisa struktur dilakukan dengan menentukan nilai *Constrain*, *Loads*, dan jenis material yang digunakan. *Constrain* pada simulasi ini adalah tumpuan tugal dan *loads* adalah gaya pembebanan yang diterima sistem tugal, sedangkan material yang digunakan adalah *steel*. Berikut ini langkah simulasi analisis struktur.

### 3.6. Hasil Uji Kinerja Tugal

Tabel 1. Hasil Uji Kinerja Tugal

Pohon	Waktu Pelubangan		Waktu Pindah Alat Antar Lubang		Waktu Pindah Alat Antar Pohon	
	Lubang	Waktu (d)	Lubang	Waktu (d)	Pohon	Waktu (d)
1	1	1,93	1-2	2,87	1-2	8,27
	2	1,68	2-3	2,70		
	3	1,75				
2	1	1,90	1-2	2,61	2-3	6,94
	2	1,72	2-3	2,57		
	3	1,37				
3	1	1,77	1-2	2,67	3-4	7,47
	2	1,67	2-3	3,13		
	3	2,05				
4	1	2,14	1-2	2,46	4-5	8,35
	2	1,38	2-3	3,09		
	3	1,29				
5	1	1,48	1-2	2,50	5-6	7,97
	2	1,54	2-3	2,93		
	3	1,69				
6	1	1,35	1-2	2,73	6-7	6,46
	2	1,25	2-3	2,06		
	3	1,36				
7	1	1,48	1-2	3,10	7-8	8,05
	2	1,49	2-3	2,96		
	3	1,28				
8	1	1,57	1-2	3,07	8-9	7,50
	2	2,13	2-3	3,12		
	3	2,08				
RATA-RATA		1,64		2,79		7,63

## 4. Pembahasan

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan diketahui bahwa diameter tugal yang dibutuhkan adalah 6,42 cm, dan panjangnya adalah 20 cm. Sedangkan untuk posisi tugal adalah berjarak 44,48 cm dari pusat roda.

Setelah melakukan uji kinerja sistem tugal maka dapat diketahui bahwa waktu pemupukan menggunakan sistem tugal jauh lebih cepat dibandingkan dengan sistem manual. Selain itu tingkat penyerapan unsur pupuk juga jauh lebih baik, karena pupuk yang diaplikasikan berada di dalam tanah sehingga kondisi ini bisa menghindari proses pencucian unsur

pupuk ketika hujan dan proses penguapan ketika panas.

Pemupukan sistem manual diketahui 0,285 ha/jam atau setara dengan melakukan pemupukan 1 hektar selama 3 jam 30 menit [5]. Sedangkan pemupukan dengan sistem tugal dapat dihitung waktunya berdasarkan hasil uji kinerja tugal sebagai berikut.

$$t_p = \frac{(t_l \times 6) + (t_{pl} \times 5) + (t_{ph})}{60} \times B_p$$

Dimana :

$t_p$  = Waktu pemupukan dalam sehektar.

$t_l$  = Waktu rata-rata pelubangan dan pemupukan tiap lubang.

$t_{pl}$  = Waktu rata-rata pindah dari lubang satu ke lubang yang lain

$B_p$  = Banyak pohon dalam satu hektar (138 pokok)

$$t_p = \frac{(1,64 \times 6) + (2,79 \times 5) + (7,63)}{60} \times 138$$

$$t_p = 72,266 \text{ menit}$$

$$t_p = 1 \text{ jam } 28 \text{ menit}$$

Selain waktu pemupukan, hasil pengujian juga didapat dari simulasi analisis struktur menggunakan software Autodesk Inventor 2012, hasil yang didapatkan berupa data nilai *safety factor* dan *displacement* seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.3. Nilai *safety factor* dan *displacement*

	<i>Safety Factor</i>	<i>Displacement</i>
Min	-	0 mm
Max	15	0,02054 mm

Prinsip kerja alat pemupuk yang didesain ada dua tahap, langkah pertama menggerakkan tugal ke bawah dengan menekan setang kendali, kemudian mengangkat tugal ke atas dengan menggerakkan setang kendali ke atas sambil menekan handel pembuka katup tugal

untuk mengeluarkan pupuk dari dalam tugal. Mekanisme pembukaan katup pada tugal menggunakan sistem tarik, prinsip ini sama seperti yang digunakan pada sistem rem tromol sepeda motor. Ketika *handle* ditekan maka katup akan terbuka, dan ketika *handle* dilepas maka katup pada tugal akan tertutup.

## 5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan diketahui bahwa diameter tugal yang didesain adalah 7,62 cm, dan panjangnya adalah 20 cm. Sedangkan untuk posisi tugal adalah berjarak 44,48 cm dari pusat roda.
2. Nilai *safety factor* dan *displacement* telah didapatkan melalui simulasi analisis struktur yaitu *safety factor* maksimum 15, minimum 3,49, dan *displacement* maksimum 0,04568 mm dan minimum 0 mm.
3. Pemupukan sistem manual diketahui 0,285 ha/jam atau setara dengan melakukan pemupukan 1 hektar selama 3 jam 30 menit, sedangkan pemupukan dengan sistem tugal memiliki waktu yang lebih singkat, yaitu 1 jam 28 menit.

## Daftar Pustaka

- [1] Saputra, Raja Ade. 2011. "Evaluasi Pemupukan Pada Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) Di Kebun Radang Seko Banjar Balam, Pt Tunggal Perkasa Plantations, Indragiri Hulu, Riau". Fakultas Pertanian IPB.
- [2] Suriah, 2013. "Tinjauan Pemupukkan Kelapa Sawit Swadaya Masyarakat Pada Lahan Gambut Kecamatan Bangko Pusako Kabupaten Rokan Hilir". Jurnal Agroteknologi.

- [3] Rizaldi, Taufik. 2006. Mesin Peralatan. Departemen Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian USU.
- [4] Yulianto Faisal Estu. 2011. "menentukan metode perbaikan untuk tanah gambut". Fakultas Teknik-Universitas Madura (Unira) Pamekasan.
- [5] Firmansyah Nurhery. 2008. "pemupukan secara mekanis dengan *fertilizer spreader* pada tanaman kelapa sawit (*elaeis guineensis jacq.*) di perkebunan PT Sawit Mas Sejahtera (Sinar Mas Group), Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan". Departemen Agronomi Dan Hortikultura Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.